

**PLASMA CONTROL APPARATUS**

Patent Number: JP60206028  
Publication date: 1985-10-17  
Inventor(s): WATANABE ETSUROU; others: 02  
Applicant(s):: HITACHI SEISAKUSHO KK  
Requested Patent: ☐ JP60206028  
Application Number: JP19840060656 19840330  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L21/302  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:** To stabilize plasma discharge by always monitoring plasma impedance which changes from time to time during the etching and making constant the impedance by feeding such impedance back to the gas supply system.

**CONSTITUTION:** The etching gas 10 is supplied into a processing chamber 4 through a valve 11 up to a constant pressure, a high frequency power is applied to a lower electrode 2 in the processing chamber 4 through a matching circuit 6 from a high frequency power supply 5, and thereby plasma is generated against the upper electrode 3. The matching circuit 6 is so configured as providing a potential between the electrode 2 and a coil 6a in the circuit 6, a potential between the coil 6a and a variable capacitor 6b and an inductance value of coil 6a. These potentials are sampled in every constant period by a data sampling circuit 15 and is then sent to a calculation control circuit 7 consisting of a phase detector 6a, a calculator 7a and a controller 7c. Here, an inductance is monitored, a command is given to a flow rate controller 12 in order to control flow rate of gas 10. Thereby, power consumed by plasma is set to a constant value.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-206028

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>  
H 01 L 21/302

識別記号 庁内整理番号  
A-8223-5F

⑭ 公開 昭和60年(1985)10月17日

審査請求 未請求 発明の数 3 (全5頁)

⑮ 発明の名称 プラズマ制御装置

⑯ 特 願 昭59-60656

⑰ 出 願 昭59(1984)3月30日

⑱ 発 明 者 渡 辺 悦 朗 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑲ 発 明 者 上 村 隆 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑳ 発 明 者 大 坪 徹 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 高橋 明夫 外1名

明 細 書

1 発 明 の 名 称

プラズマ制御装置

2 特 許 請 求 の 範 囲

1 プラズマ発生手段と、該プラズマ発生手段に電力を供給する電力供給手段と、プラズマ発生手段にガスを供給するガス供給手段とを有するプラズマ処理装置において、電力供給手段からプラズマ発生手段のインピーダンスを算出するためのデータをサンプリングする手段と、サンプリングしたデータからインピーダンスを算出する手段とを設けたことを特徴とするプラズマ制御装置。

2 プラズマ発生手段と、該プラズマ発生手段に電力を供給する電力供給手段と、プラズマ発生手段にガスを供給するガス供給手段とを有するプラズマ処理装置において、電力供給手段から、プラズマ発生手段のインピーダンスを算出するためのデータをサンプリングする手段と、サンプリングしたデータからイン

ピーダンスを算出する手段と、インピーダンス算出手段からの指令によりガス供給手段のエッチングガス流量を制御する、流量制御手段を設けたことを特徴とするプラズマ制御装置。

3 プラズマ発生手段と、該プラズマ発生手段に電力を供給する電力供給手段と、プラズマ発生手段にガスを供給するガス供給手段とを有するプラズマ処理装置において、電力供給手段からプラズマ発生手段のインピーダンスを算出するためのデータをサンプリングする手段と、サンプリングしたデータからインピーダンスを算出する手段と、インピーダンス算出手段によって算出された値と、あらかじめ設定したインピーダンス変動許容値を比べる比較手段と、比較手段からの指令により、電力供給手段をON-OFFするスイッチング手段を設けたことを特徴とするプラズマ制御装置。

3 発 明 の 詳 細 な 説 明

## 〔 発明の利用分野 〕

本発明は、プラズマ処理装置に係り、特に安定したプラズマを得るために好適なプラズマ制御装置に関する。

## 〔 発明の背景 〕

プラズマ処理装置、例えば半導体製造工程中のウエハ等のパターンを形成するドライエッチング装置では、エッチング処理中の放電を安定に持続させることがウエハの製品歩留り向上のために不可欠である。

従来技術によるドライエッチング装置は、第1図に示すように、ウエハ1を搭載する下部電極2及び上部電極3を含み、図示しない排気系により0.5~50Pa程度の圧力で一定になる様に真空排気されると共に、一定粒量のエッチングガスが流入される処理室4と、高周波電力を供給する高周波電源5と、高周波電源5からの電力を整合する整合回路6と高周波電源5と処理室4との間の高周波電力を測定する電力計14を備えている。

身の持つインピーダンスとプラズマインピーダンスとの合成インピーダンスを電源5から整合回路6や処理室4へ接続される線路の公称インピーダンスと等しくする方法をとっている。すなわち従来技術のエッチング装置では、整合回路6で整合回路6のインピーダンスとプラズマインピーダンスの両方を一緒にして、系全体でインピーダンス整合を行なっているので、系全体で消費される電力を一定にしているが、プラズマで消費される電力を一定にしているわけではなかった。

エッチングプロセスの再現性を上げるといふ点から言えば、プラズマで消費される電力を一定にすることが重要である。

プラズマで消費される電力を一定にする方法の一つに、高周波電源5の供給電力を変化させる方法がある。しかしこの方法は供給電力を変化させるため、系全体のインピーダンスが変わりインピーダンス整合をとり直す必要があり、放電中のプラズマを安定にするのは難しい。

前記整合回路6は、例えば第1図のように可変コイル6aと可変コンデンサ6b, 6cで構成され、エッチングを行う際に高周波電力がプラズマで効率よく消費される高周波電源5から整合回路6を通して処理室4へ向かう電力（進行波出力）に対して、処理室4から整合回路6を通して高周波電源5へ戻る電力（反射波出力）を、できるだけ小さくするように可変コイル6a、可変コンデンサ6b, 6cを自動的に調整して、インピーダンス整合を行う機構（オートマッチング機能）を有している。

ところで、エッチング中、処理室4内のプラズマのインピーダンスは変動しているがこのインピーダンスの変動は、エッチングによって発生する反応生成物の発生箇所、種類、量、流れ等が、エッチング過程において変化するため生じる。このインピーダンス変動に対して、前記整合回路6はプラズマで効率よく電力を消費するために、インピーダンスのオートマッチングを行なっている。その方法は、整合回路6自

これに対し、放電中のプラズマインピーダンスそのものを一定にすることができれば、インピーダンスの整合条件が変わることがないのでプラズマの安定化が図りやすい。

そこで、放電中のプラズマインピーダンスの変化を常時モニタし、その変化をできるだけ小さくして放電を安定化するようにしたプラズマ制御装置の出現が要求された。

## 〔 発明の目的 〕

本発明の目的は、前記従来技術の問題点を除去することであり、エッチング中、時々刻々変化するプラズマインピーダンスを常時モニターすると共に、それをガス供給系にフィードバックし、プラズマインピーダンスを一定にさせて、プラズマの放電を安定化させるプラズマ制御装置を提供することにある。

## 〔 発明の概要 〕

上記した目的を達成するため、本発明によるプラズマ制御装置は処理室内のプラズマインピーダンスを、外部回路、例えば整合回路の電位

差及び位相の変化から読み取る演算制御手段と、そこから得られたプラズマインピーダンスを表示する手段を備え、常時プラズマインピーダンスの変動をモニタすることができるようにしたことを特徴としている。更に、前記プラズマインピーダンス演算手段からの信号により、処理室に供給するガスの流量を加減する手段をコントロールし、エッチング中のプラズマインピーダンスを一定にして放電を安定させることができるようにしたことを特徴としている。また、前記プラズマインピーダンス演算制御手段から得られるプラズマインピーダンスとあらかじめ設定したプラズマインピーダンス許容値とを比較する比較器と、その許容値を外れた場合に処理室に供給する電力を切断する手段を備え、異常放電においてただちに放電を停止させることができるようにしたことを特徴としている。

#### 〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例を第2図により説明する。

定圧力になるように制御されている。

高周波電源5から高周波電力を、整合回路6を通して処理室4の下部電極2に印加し、下部電極2と上部電極3の間に、プラズマを形成する。

整合回路6の役目は例えば第2図に示すように、コイル6a、バリコン6b、6cで構成されており、整合回路6と電力計14によって、高周波電力が効率よく処理室に供給されるようにインピーダンス整合を行なうことである。

以上は、第1図と同じであるが、本実施例では整合回路6において下部電極2とコイル6aとの間の電位 $\dot{V}_a$ 及びコイル6aとバリコン6bとの間の電位 $\dot{V}_b$ と、コイル6aのインダクタンス $L$ の値が外部に取り出せるようになっている。これらの $\dot{V}_a$ 、 $\dot{V}_b$ 、 $L$ の値は、データサンプリング回路15のクロックBにより、一定時間でサンプリングされ、位相検出器7a、演算器7b、制御器7cで構成された演算制御部7に送られる。演算制御部7では、プラズマインピーダンスを、次の式

装置の構成は、ウェハ1を搭載する下部電極2に接地された上部電極3を含む処理室4。そして高周波電源5から処理室4へ供給する高周波電力のインピーダンス整合を行う整合回路6。また、処理室4内のインピーダンスを整合回路6内のコイル両端の電位差から算出する演算、制御部7。整合回路6からの各データを与えられたクロックBによって、演算制御部7に転送するデータサンプリング回路15、演算・制御部7からの信号とインピーダンス変動許容値 $I$ を比較する比較器8と演算制御部7からの信号によって高周波電源5をON-OFFするスイッチ9と、エッチングガス10の流量を加減するため、バルブ11を開閉する流量制御器12と、処理室4内のインピーダンスを常時モニターするための表示器13とから成っている。

次に、このように構成されたプラズマ処理装置の動作説明をする。

処理室4はバルブ11を通してエッチングガス10が供給され、図示しない排気系によって、一

で計算する。

すなわち、プラズマインピーダンスを $\dot{Z}_p = R_p + jX_p$ とすると、

$$\dot{Z}_p = R_p + jX_p = \frac{j\omega L}{\dot{V}_b - \dot{V}_a} \dot{V}_a [\Omega]$$

$$\omega = 2\pi f$$

( $f$ は電源5の発振周波数で、常に一定)

そして、この様にして計算したプラズマインピーダンスの抵抗成分 $R_p$ とリアクタンス成分 $X_p$ を表示器13に表示する。

この様な、データのサンプリングから演算、表示をくり返すことによって、エッチング過程におけるプラズマのインピーダンスを常時モニタすることができる。

次に、上記プラズマインピーダンスのモニタによって放電を安定化させる動作について説明する。

エッチング過程においては、反応生成物が発生し、供給するエッチングガスと、反応生成物の発生割合に応じて処理室4内の放電状態が徐々に変化する。そこで、エッチングが活発に行

なわれて反応生成物が多く発生するときには、供給するエッチングガス10の流量を多くし、逆にエッチングの初期や、終了の時期は、供給するエッチングガス10の流量を少なくするようにして、エッチング過程において、放電状態を一定に保つようにする。これは、前記プラズマインピーダンスのモニタによって、その値の変化から次のように行なうことができる。すなわち、プラズマインピーダンスを算出する演算制御部7から、流量制御器12に指令を与え、インピーダンス変動を小さくするようにエッチングガス10の流量をコントロールすることによって、プラズマで消費される電力を一定にするのである。

また、前記プラズマインピーダンスのモニタとエッチングガス10の流量の制御において、プラズマインピーダンス変動がエッチングガス10の流量を変化しても元にもどらないくらいに大きくなった場合、すなわち、あらかじめ設定したインピーダンス変動許容値Aと演算結果を比較器8により比較して、許容値Aを満足してい

ない場合、演算制御部7は処理室4内で異常放電を生じていると判断し、スイッチ9に高周波電源5の高周波電力を切断する指令を出し、高周波電力の供給を停止し、処理室4内やウエハ1への異常放電による影響を回避する。

以上述べたように、本発明はプラズマインピーダンスを常時モニターし、エッチング過程においてプラズマインピーダンスを、処理室4内に流すエッチングガス流量をコントロールすることによって常時一定にすれば、プラズマで消費される電力も一定になり、放電の安定化を図ることができ、ウエハの製品歩留り向上が実現できる。また、インピーダンスのモニタにおいて、プラズマインピーダンスの大きな変動が生じた場合は、高周波電源5を切断すれば、装置やウエハへの影響を回避できる。

#### 〔発明の効果〕

以上説明した様に、本発明によれば、エッチング過程において時々刻々変動するプラズマインピーダンスを常にモニターすることができる。

更に、インピーダンスの変動に対応して、処理室に供給するガス流量を自動的に変化させれば、処理室内のインピーダンスを常に一定に保つことができ、安定した放電を得ることができる。これにより、エッチング処理の安定化を図ることが可能となり、半導体製造工程のウエハ製品歩留り向上が図れるという効果がある。また、インピーダンスの変動が、あらかじめ設定した許容値をオーバーするような異常を生じた場合には、ただちに電源を自動的に切断することができるので、異常放電による装置及びウエハへの影響を防ぐことができるという効果もある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は従来のプラズマ処理装置を示す図、第2図は本発明によるプラズマ処理装置の一実施例を示す図である。

- |          |            |
|----------|------------|
| 4…処理室    | 5…高周波電源    |
| 6…整合回路   | 6a…可変コイル   |
| 7…演算・制御部 | 8…比較器      |
| 9…スイッチ   | 10…エッチングガス |

- |                |          |
|----------------|----------|
| 11…バルブ         | 12…流量制御器 |
| 13…表示器         | 14…電力計   |
| 15…データサンプリング回路 |          |
| A…インピーダンス変動許容値 |          |
| B…サンプリングクロック   |          |



代理人弁理士 高橋明夫

